

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-264748

(43)公開日 平成8年(1996)10月11日

(51)Int.Cl.*

H 01 L 27/15

H 01 S 3/101
3/18

識別記号

庁内整理番号

8832-4M

F I

H 01 L 27/15

H 01 S 3/101
3/18

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数11 FD (全8頁)

(21)出願番号

特願平7-93104

(22)出願日

平成7年(1995)3月27日

(71)出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72)発明者 岩瀬 正幸

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古
河電気工業株式会社内

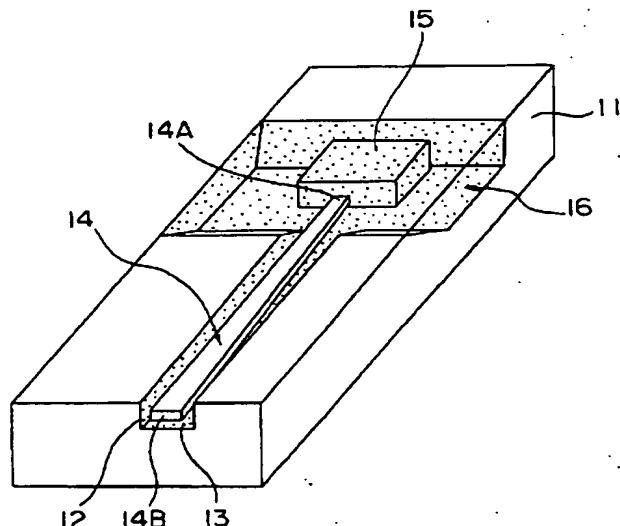
(74)代理人 弁理士 稲垣 清 (外2名)

(54)【発明の名称】光導波路集積回路装置及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 有機材料からなる光導波路を含む光集積デバイスにおいて温度変化等の影響を軽減し、信頼性向上を図る。

【構成】 基板11上に縦溝12を形成し、その内部にクラッド層13及びコア層14を有する有機材料からなる光導波路を形成する。半導体レーザ15は、基板11に別に形成された凹部16内に配置され、クラッド層14と同じ透光性有機材料で封止される。コア層14の幅は半導体レーザ15側で2μm、逆側で10μmである。透光性有機材料は、光機能素子を含む回路全体を封止するバッシベーション膜として機能する。有機材料の温度変化による伸縮に際してもコア層の位置が変化せず、光機能素子との結合の信頼性が向上する。また、光機能素子を先に配置した後に光導波路を形成することで、これらの間の光結合効率の向上が可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも一つの光機能素子と、該光機能素子と光学的に結合される光導波路とを共通の基板上に備える光導波路集積回路装置において、

前記光導波路を透光性有機材料から構成し、該光導波路のクラッド層とコア層とを受容する溝を基板の主面に形成したことを特徴とする光導波路集積回路装置。

【請求項2】前記クラッド層を、前記溝に隣接する基板の主面の少なくとも一部にまで形成したことを特徴とする、請求項1に記載の光導波路集積回路装置。

【請求項3】前記光機能素子を含む機能素子が前記クラッド層を構成する透光性有機材料により覆われる、請求項1又は2に記載の光導波路集積回路装置。

【請求項4】前記溝の断面が逆メサ形状に形成される、請求項1乃至3の何れか一に記載の光導波路集積回路装置。

【請求項5】複数の前記コア層の夫々が、少なくとも光の出射端において、対応する1つの前記溝内に配置される、請求項1乃至4の何れか一に記載の光導波路集積回路装置。

【請求項6】単一の溝中に複数のコア層が配置される、請求項1乃至5の何れか一に記載の光導波路集積回路装置。

【請求項7】基板が第1の基板と該第1の基板上に固定される第2の基板とから構成され、前記溝が前記第2の基板が除去された位置に形成される、請求項1乃至6の何れか一に記載の光導波路集積回路装置。

【請求項8】前記透光性有機材料が、フッ素化物ポリイミド、ポリイミド、ポリメチルメタクリレート、エポキシ樹脂及び紫外線硬化性樹脂から成る群から選択される、請求項1乃至7の何れか一に記載の光導波路集積回路装置。

【請求項9】前記光機能素子が半導体レーザとして構成され、前記コア層の幅は、前記半導体レーザ側の端面においてレーザ光のモードフィールドの径に、前記半導体レーザ側と逆側の端面において光ファイバのモードフィールドの径に夫々実質的に一致する、請求項1乃至8の何れか一に記載の光導波路集積回路装置。

【請求項10】前記光機能素子が半導体レーザとして構成されると共に、前記光導波路の半導体レーザ側と逆側の端部に配置され該光導波路の出力光を受けて前記主面と略直交する方向に反射する傾斜鏡面と、該傾斜鏡面からの反射光を受光する受光素子とを更に備えることを特徴とする、請求項1乃至8の何れか一に記載の光導波路集積回路装置。

【請求項11】請求項1乃至10の何れか一に記載の光導波路集積回路装置を製造する方法であって、前記基板の主面に溝を形成する第1ステップと、該基板上に光機能素子を固定する第2ステップと、該第2ステップに後続し、前記溝内に前記光導波路を形成する第3ステッ

プとを有することを特徴とする光導波路集積回路装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信、光情報処理等に利用される光導波路集積回路装置の構造および製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信、光情報処理等に用いられる半導体レーザ、受光素子、半導体レーザアンプ、光スイッチ等の光デバイスは、一般に、光の入出力を光ファイバと結合することにより光信号の送受を行う。このため、従来の光デバイスのモジュール形態としては、光ファイバを光モジュールに固定したピグテイル型、又は、コネクタを介して光ファイバを脱着可能としたレセプタクル型が主流であった。

【0003】上記モジュール形態とは別に、ハイブリッド光集積デバイス（光導波路集積デバイス、以下、光集積モジュールともいう）が提案されている。光集積モジュールでは、光導波路を含む平面光導波回路（PLC）と光機能素子とを共通のSi基板上に形成し、光機能素子相互間又は光機能素子と外部の光ファイバとの間の光信号の送受をこのPLCにより行なう。このような光集積モジュールを採用することにより、単体デバイスを多数配置する構成に比してデバイスの機能が大きく向上する。

【0004】光集積モジュールは、従来、主に光スイッチ、光分岐カプラとして開発されており、光導波路は、石英をベースにした石英系と有機高分子材料をベースにした有機系とがある。石英をベースにした例では、図10に示すように、まずクラッド層41及びコア層42を含む光導波路を形成し、次いで半導体レーザなどの光デバイス43を光導波路41、42に精度よく結合するよう実装する方法で作られる。光ファイバ44との結合は、図示の如く導波路端にファイバガイド溝45を設け、或いは、コネクタ加工により行なう方法がある。石英PLCを用いた光集積モジュールでは、石英の成形温度が1000°Cと高いため、このように、導波路41、42を形成した後に光機能素子43を設置する。

【0005】有機系導波路を用いた光集積モジュールは、例えば、特開昭60-4256号公報に示されている。この例では、図11(a)及び(b)に示すように、まず、基板51上に半導体レーザやフォトディテクタ等の光デバイス52を実装した後に有機高分子材料53を塗布し、次いで、マスク54を通して紫外線55を選択的に照射して有機高分子材料53を硬化させることで、得られる光導波路56を光デバイス52に目合わせする。有機系光導波路を用いる光集積モジュールは、大面積のウエハ上にフォトリソグラフィにより一度に複数のデバイスが形成できるため、先の例に比して低コスト

で光デバイスを製造できる利点がある。

【0006】また、有機系導波路を採用する光集積モジュールでは、光機能素子を予め光導波路と結合し、その後に光導波路と光ファイバとを結合する構成が採用できるので、基板上に光機能素子及び光部品を搭載する際に光ファイバが邪魔にならず、アセンブリの自動化が容易という利点もある。更に、光機能素子を基板上に搭載したあとで有機物を塗布、加工できる点で位置合わせや加工自体が容易という利点もある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記石英系の光導波路集積デバイスでは、石英の厚さの制御が困難であり、また、一般に光機能素子と光導波路との結合に $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度の寸法精度が要求されるが、このような精度で光機能素子を配置固定することは技術的に困難という問題がある。更に、石英の穴開けに時間がかかる等の問題もある。

【0008】一方、有機系の光導波路集積デバイスでは、有機系材料は温度により伸縮するため、光導波路の寸法精度が高く得られないという問題がある。また、有機系材料は、スピンドル時に基板縁部で盛り上がる、特に基板の切断時等に基板から剥がれやすい、更には、厚膜に形成することが困難という問題もある。

【0009】本発明は、特に有機系光導波路を採用する光導波路集積回路装置について、有機系材料の採用に起因する上記問題の解決を図ることで、温度等の影響を受け難く、信頼性及び寸法精度が高い低価格の光導波路集積回路装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の光導波路集積回路装置は、少なくとも一つの光機能素子と、該光機能素子と光学的に結合される光導波路とを共通の基板上に備える光導波路集積回路装置において、前記光導波路を透光性有機材料から構成し、該光導波路のクラッド層とコア層とを受容する溝を基板の正面に形成したことを特徴とする。

【0011】ここで、本発明の光導波路集積回路装置における光機能素子については、特に限定はなく、例えば、半導体レーザ、半導体受光素子（フォトディテクタ）、光スイッチ、光分岐カプラ等、いかなる光機能素子（光デバイス）でもよい。また、透光性有機材料には、従来から光導波路の材料として用いられている、いかなる有機系材料を採用してもよい。例えば、フッ化物ポリイミド、ポリイミド、ポリメチルメタクリレート、エポキシ樹脂及び紫外線硬化性樹脂等が好適に採用される。また、コア層を構成する材料についても、特に限定はないが、クラッド層を構成する材料との関連で、例えば同種の材料で屈折率が異なる材料として、選定される。

【0012】基板の正面とは、光機能素子を含む光集積モジュールの機能素子及び導波路が形成される側の基板の一の面をいい、各機能素子及び導波路は、正面の面上に或いは正面に形成された溝部又は凹部に配置される。

【0013】クラッド層は、コア層を溝の内部に埋め込むことで足りるが、これに加えて溝に隣接する基板正面の一部又は正面の全面に形成してもよく、この場合、溝の側壁から有機系材料が剥がれるおそれが小さくなる。

【0014】光機能素子を含む機能素子を、クラッド層により覆うことも好ましく、この場合、光導波路を受容する溝内に各機能素子を配置し、或いは機能素子を受容する凹部を別に形成することも本発明の好ましい態様である。かかる構成を採用すると、透光性有機材料は、光機能素子を含む各機能素子のバッシャーベーション膜として機能し、例えば各素子を水分から保護すると共に、特に半田等で基板に固定される光機能素子を振動等から保護する。また、光機能素子と光導波路との直接的な結合も可能となり、これらの間の光結合効率が向上すると共に信頼性の高い結合が得られる。なお、本明細書の記述では、基板の正面に形成した、光導波路を受容する縦長の低部を溝又は縦溝と称し、主として機能素子を受容する低部を凹部と称する。

【0015】溝の断面を逆メサ形状に形成することも本発明の好ましい態様であり、この場合、特に基板の切断時等に、透光性有機材料が溝の側壁から剥がれることを容易に防止できる。

【0016】多数の溝を並列に形成し、これらの夫々に対応するコア層を1つづつ埋め込む構成を採用すれば、各コア層間の間隔を正確に維持できる。また、これに代えて、1つの溝内に2以上のコア層を埋め込むこともでき、この場合、光導波路の配置効率が向上する。

【0017】基板を、第1の基板と該第1の基板上に固定される第2の基板とから構成し、第2の基板を選択的に除去することにより、溝を形成することも好ましい態様である。この場合、エッチングが容易な第2の基板材料を選定することにより、溝の形成を容易にする。

【0018】光機能素子を半導体レーザとして構成し、半導体レーザ側のコア層の端面においてコア層の幅をレーザ光のモードフィールドの径に実質的に一致させ、且つ、半導体レーザと逆側のコア層の端面において、コア層の幅を光ファイバのモードフィールドの径に実質的に一致させることも好ましい態様である。この場合、半導体レーザと光ファイバとの光結合効率を更に向上させることが出来る。

【0019】光機能素子を半導体レーザとして構成し、半導体レーザと逆側の光導波路の端面に、光導波路の出力光を基板の正面と略直交する方向に反射する傾斜鏡面を形成し、この傾斜鏡面からの光を受光し、光出力をモニタする受光素子を備えることも本発明の好ましい態様

である。この場合、基板の同じ主面部分に半導体レーザ及び受光素子を配置できるので、特に光集積モジュールの集積度が向上し、また、光機能素子間の光結合効率が向上する。

【0020】本発明の光導波路集積回路装置の製造方法は、上記本発明の光導波路集積回路装置を製造する方法であって、前記基板の主面に溝を形成する第1ステップと、該基板上に光機能素子を固定する第2ステップと、該第2ステップに後続し、前記溝内に前記光導波路を形成する第3ステップとを有することを特徴とする。

【0021】

【作用】本発明の光導波路集積回路装置では、コア層が溝内に埋め込まれているので、温度変化による透光性有機材料の伸縮があってもコア層の位置が変化するおそれがある小さく、温度による影響を軽減すると共に、透光性有機材料の基板からの剥がれのおそれを除いている。

【0022】また、本発明の光集積回路装置の製造方法によると、上記作用を有する光導波路集積回路装置を製造できると共に、光機能素子と光導波路との間で光結合効率が高い光導波路集積回路装置を容易に製造できる。

【0023】

【実施例】図1は、本発明の一実施例の光導波路集積回路装置を成す光集積モジュールの構造を示す斜視図である。同図において、例えばSi基板から成る基板11には、長手方向に延びる溝(縦溝)12と、この縦溝12と直交する方向に傾斜側壁を有し縦溝12よりも幅広で且つ深い凹部16が形成されている。縦溝12及び凹部16の内部には、透光性有機材料が塗布・充填されており、縦溝12内の透光性有機材料は、クラッド層13及びコア層14から成る有機系光導波路を構成し、また、凹部16内の透光性有機材料はその大部分が充填層を構成している。

【0024】凹部16内には光機能素子を構成する半導体レーザ15が収容されており、半導体レーザ15は、透光性有機材料により凹部16内に埋め込まれている。半導体レーザ15は、例えば半田材料により凹部16の底面に固定されている。半導体レーザ15と光導波路のコア層14との接続部を成すコア層14の端面14Aの幅は、レーザ光のモードフィールドの径に合わせて約2μmとしてあり、また、コア層14の半導体レーザ15側と逆側の端面14Bにおけるコア層14の幅は、この光集積モジュールに接続される光ファイバのモードフィールドの径に合わせて約10μmとしてある。かかる構造により、この光集積モジュールは、半導体レーザ15の出力光を結合効率よく光ファイバに伝達することができる。

【0025】透光性有機材料としては、例えばフッ化物ポリイミドが選定される。クラッド層13のフッ化物ポリイミドの屈折率n₁は1.52、コア層14のフッ化物ポリイミドの屈折率n₂は1.525であり、従つ

て、双方の層の屈折率の差の比率△n(=100×(n₂-n₁)/n₂)は約0.3%である。

【0026】図2(a)～(h)は、上記光集積モジュールの製造工程を順次に示す、縦溝中心を通る平面での断面図である。まず、ダイシング加工によりウエハから形成したSi基板11を用意し、その主面にエッチング又は機械加工により、縦溝12及び凹部16を形成する(同図(a))。次いで、凹部16の底部に半導体レーザ15を半田によりボンディングする。ここで、半導体レーザ15の中心を縦溝12の中心にほぼ一致させる。引き続き、高反射膜による半導体レーザ15の端面コーティングを行なう(同図(b))。この時点で、半導体レーザ15の特性評価、スクリーニング評価等を一括して行なう。

【0027】次いで、透光性有機材料を成すフッ化物ポリイミドにより光導波路を形成する。まず、屈折率n₁が1.52のフッ化物ポリイミドを、縦溝13及び凹部16を含む溝中にスピンドルコートにより塗布する。引き続き、フッ化物ポリイミドを熱硬化させて、縦溝内にクラッド層13を、凹部16内に充填層13を夫々得る。なお、このとき、フッ化物ポリイミドは溝内のみでなく、基板表面の全体又はその一部に所定厚みとなるよう塗布してもよい。次いで、SiO₂膜又は金属膜により、縦溝12の幅の内側に位置するストライプ状のマスクを形成する。ストライプ状マスクは、コア層14を収容する細溝(コア溝)をクラッド層13内に形成するためのもので、フォトリソグラフィにより半導体レーザの発光部に合わせることで、例えば1μmオーダーの精度で容易に形成できる。

【0028】引き続き、酸素イオンを利用したイオンビームエッチング等により、クラッド層13をエッチングして、半導体レーザ15の活性層の下方に底部を有するコア溝を形成する。次に、屈折率n₂が1.525のフッ化物ポリイミドをコア溝内に塗布し、硬化させてコア層を形成する(図2(d))。次いで、再度、酸素イオンを利用したイオンビームエッチングを行なって、コア層上面が半導体レーザの活性層の僅かに上のレベルとなるまで、コア層14をエッチングしてコア厚みを決定する(同図(e))。コア厚みは、光ファイバのモードフィールドの径に合わせることで、コア層14と、このモジュールに接続される光ファイバとの光結合効率を高めることが出来る。ここで、一例として、コア層の厚みをシングルモードファイバのモードフィールドの径とほぼ同じ8～10μmとする。

【0029】ストライプ状マスクを除去した後に、屈折率n₃が1.52(=n₁)のフッ化物ポリイミドをコア層14上に塗布する。次いで、これを熱硬化させた後にエッチバックを行なってクラッド層13の厚みを調整し、光導波路を完成させる(図2(f))。引き続き、窓形成用のフォトマスクを形成し、酸素イオンを利用し

た選択的イオンビームエッチングを行なう。これにより、半導体レーザの電極表面を露出させるパターン窓が得られる。スパッタリング等により、窓内及び有機系材料の表面に金属パッド及び配線パターン17を形成し、半導体レーザ15の電極を引き出す(同図(g))。ウエハを個々のデバイス毎に分離し、光導波路端面を鏡面に研磨することより、図1の光集積モジュールが形成される。

【0030】図2の光モジュールでは、ケース(上蓋)19により、最終的に半導体レーザ15を含む基板の正面が密封される様子が示されている。ケース19の上部及び基板11の裏面には夫々、光ファイバを接続するためのコネクタ20が形成される。

【0031】図3～図6は夫々、上記第1の実施例の光導波路集積デバイスの変形例を示すもので、光導波路の種々の構造を断面図又は斜視図として示している。各図において、各要素に付した参照符号は、図1に示した同様な要素の参照符号と同じにしてあり、これにより、同様な要素の説明を省略する。

【0032】図3は、光導波路を形成するための縦溝12の断面を逆メサ形状に形成した例である。即ち、縦溝12の底面幅を縦溝上部の幅よりも大きく形成している。かかる構造を採用することにより、クラッド層13を構成する透光性有機材料が、縦溝12の側壁上部において壁面から剥がれることを防止している。

【0033】図4は、クラッド層13を構成する透光性有機材料を、縦溝12内のみならず、基板11の正面にまで所定厚みで形成した例である。このような構成を採用することで、図3の例と同様に、透光性有機材料が縦溝12の側壁から剥がれることを防止する。

【0034】図5は、1つの溝中に複数(この場合2つ)のコア層を形成した例である。これにより、光集積モジュール内のスペースを確保する。なお、あまり多数のコア層を1つの溝中に並べると、有機材料の熱伸縮により、コア層相互の間隔が精度よく保てないため、光機能素子及び光ファイバとの取合い部については注意が必要である。また、この例では、2枚の基板11A、11Bを張り合わせた構造を採用する。この場合、上側基板11Bは、エッチングが容易な材料から形成し、この上側基板11Bのエッチングによって縦溝12を形成し、エッチング加工に要するコストを低減する。

【0035】図6は、図4の更に変形実施例であり、多数の各縦溝12内に夫々1つのコア層14を収容すると共に、多数の縦溝に一括してクラッド層13を形成している。クラッド層13は基板11正面のほぼ全面に形成してあり、基板11の縁部にリブ17を形成して、クラッド層13の所定厚みの塗布を容易にしている。図7は、図6の実施例と比較するための比較例を示している。この比較例では、基板11の正面に溝を形成することなく、正面の全面に透光性有機材料からなる光導波路

を形成する。この場合、単に多数のコア層14を並列に配置して全体をクラッド層13で覆う構成としている。しかし、このような構成を採用すると、温度変化に起因する有機材料の伸縮により、各コア層14間のピッチdが変化するため、配置上で必要な寸法精度が得られず、光機能素子や光ファイバとの結合に支障が生ずる場合がある。しかし、図6の実施例によれば、コア層14を縦溝12内に配置したことにより、温度変化に起因してコア層の間隔に変化が生ずることはなく、必要な寸法精度が容易に得られる。

【0036】図8は、本発明の第2の実施例の光導波路集積回路装置を成す光導波路集積モジュールの断面を示している。本実施例は、半導体レーザ25、光導波路23、24及びフォトディテクタ28を含む光集積モジュールの全体を基板の1つの正面側に形成している。基板21の正面に形成された縦溝22内にはクラッド層23及びコア層24を有する光導波路が形成され、また凹部26内には半導体レーザ25が固定されている。半導体レーザ25と逆側の光導波路の端面には基板21の正面と約45度の角度を成す傾斜鏡面27が形成されている。傾斜鏡面27は、基板21をエッチングして得られた溝の傾斜側壁に高反射膜を塗布して得られる。

【0037】クラッド層23を構成する透光性有機樹脂により溝全体が充填され、溝部分と基板の露出表面部分を成す正面とが平坦に形成されている。傾斜鏡面27の上部には、光導波路23、24及び傾斜鏡面27から送られるレーザ光の照射位置に受光部を有する裏面入射型フォトディテクタ28が配置されており、半導体レーザ25からのレーザ光は、このフォトディテクタ28により検出される。図示されていないが、フォトディテクタ28を含む光集積モジュール全体を覆って、更に透光性有機樹脂が塗布されて、モジュールパッケージが形成される。

【0038】第2の実施例においても、半導体レーザ25を凹部の底面に固定した後に、フォトリソグラフィ技術により有機物導波路23、24を形成できることから、光軸合わせの精度が高い光集積モジュールを製造できる。また、レーザ光をほぼ基板正面と直交方向に向けて反射する傾斜鏡面27を設けた構成により、レーザ光40を受光する裏面入射型フォトディテクタ28を基板の正面に直接配置できるので、モジュール全体の小型化が可能である。更に、フォトディテクタ28を含めた全体を有機系材料で覆うことにより、湿気等からモジュール全体を保護してその信頼性を高めることができる。この場合、モジュールの封止を別に行なう必要がなく、封止に必要な工数が低減できる。また、光機能素子を含む機能素子が有機樹脂で封止される結果、これらの振動に対する耐性も向上する。

【0039】図9は、本発明の光導波路集積回路装置50を、高い集積度で実現する際の概念図である。同図にお

いて、シリコンウエハ 3 1 上には多数のモジュールチップ 3 2 が形成されており、各モジュールチップ 3 2 には、多数の光導波路 3 3、多数の光デバイス 3 4、電子素子集積回路 (IC) 3 5 及びモジュール内のボンディング配線 3 6 が順次に配列される。このように、本発明にかかる光集積デバイスを同一ウエハ上に多数形成することで、信頼性が高く低価格の光集積モジュールが大量生産できる。

【0040】以上、本発明をその好適な実施例及び概念等に基づいて説明したが、本発明は、上記実施例等の構成にのみ限定されるものではなく、上記各実施例等の構成から種々の修正及び変更を加えた光導波路集積デバイス及びその製造方法も、本発明の光導波路集積回路装置及びその製造方法に含まれる。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、光導波路のコア層を溝内に配置した構成により、温度変化による影響を除いて、光導波路の配置精度及び光結合の信頼性が高い光導波路集積回路装置を提供することが出来る。

【0042】また、本発明の光導波路集積回路装置の製造方法によると、上記光導波路の配置精度及び光結合の信頼性が高い光導波路集積回路装置を特に容易に製造できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の光導波路集積回路装置の斜視図。

【図2】(a)～(h)は、図1の光導波路集積回路装置の製造工程を順次に示す断面図。

【図3】図1の光導波路集積回路装置における光導波路の変形例の断面図。

【図4】図1の光導波路集積回路装置における光導波路の変形例の断面図。

【図5】図1の光導波路集積回路装置における光導波路*

*の変形例の断面図。

【図6】図1の光導波路集積回路装置における光導波路の変形例の斜視図。

【図7】図6の光導波路と比較するための比較例。

【図8】本発明の第2の実施例の光導波路集積回路装置の断面図。

【図9】本発明の光導波路集積回路装置の製造の概念を示す模式的斜視図。

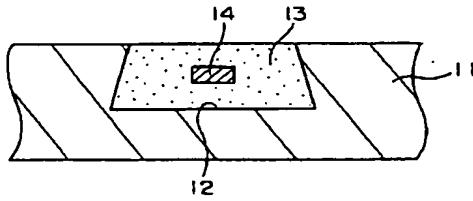
【図10】第1の従来例の光導波路集積回路装置の斜視図。

【図11】(a)及び(b)は、第2の従来例の光導波路集積回路装置の製造工程を示す断面図。

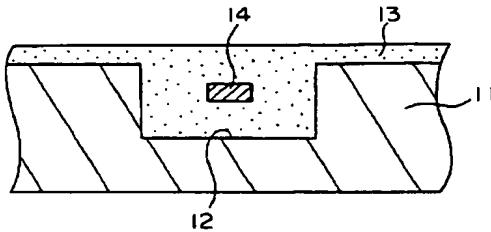
【符号の説明】

- 11、21 基板
- 11A 第1基板
- 11B 第2基板
- 12、22 溝(縦溝)
- 13、23 クラッド層(透光性有機材料)
- 14、24 コア層
- 20 15、25 光機能素子(半導体レーザ)
- 16、26 凹部
- 17 配線パターン
- 18 リブ
- 19 ケース
- 20 コネクタ
- 27 傾斜鏡面
- 28 フォトディオード
- 31 ウエハ
- 32 光導波路集積モジュール
- 30 33 光導波路
- 34 光機能素子
- 35 電子素子集積回路(IC)
- 36 ボンディング配線

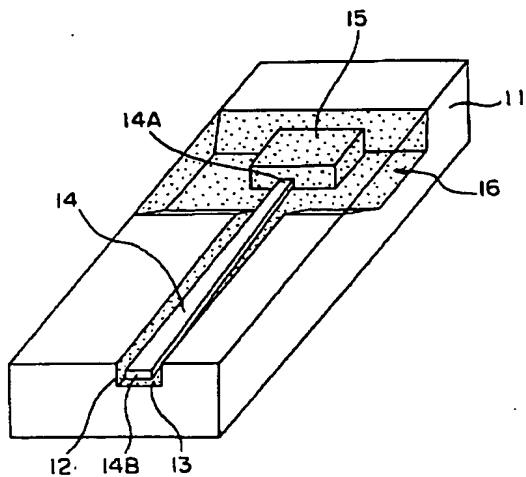
【図3】



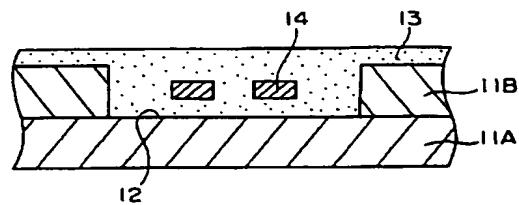
【図4】



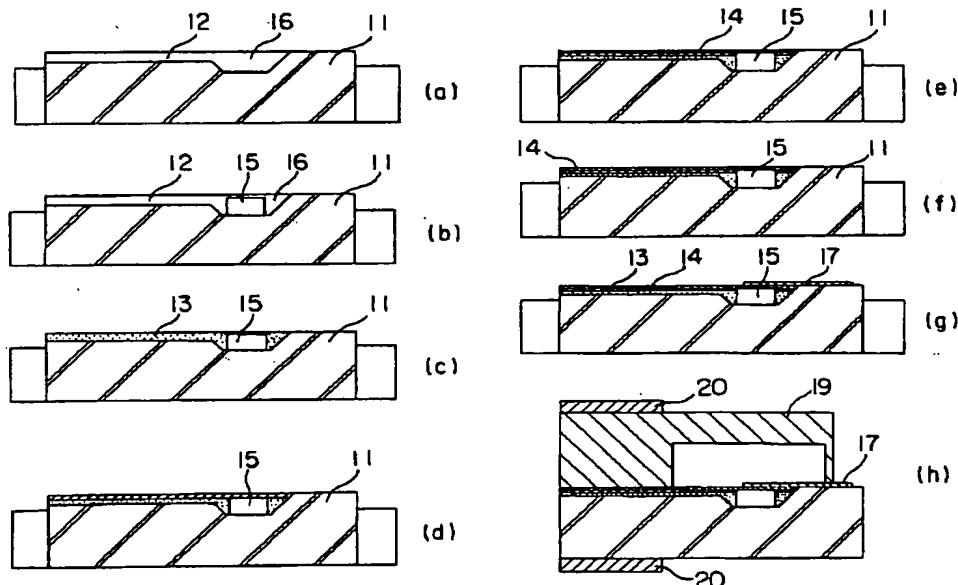
【図1】



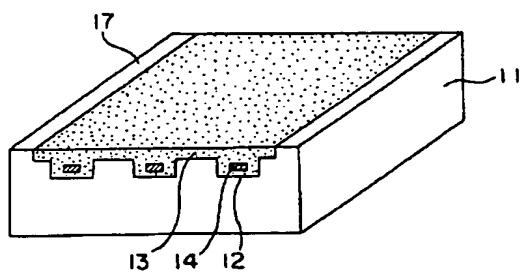
【図5】



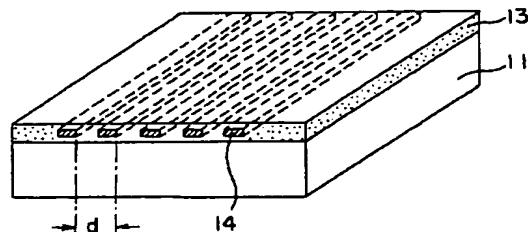
【図2】



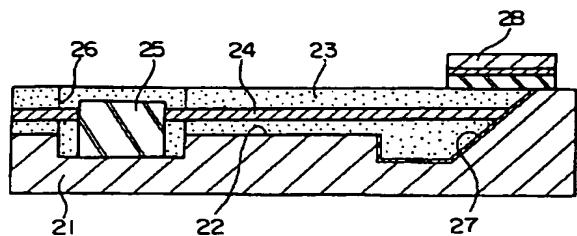
【図6】



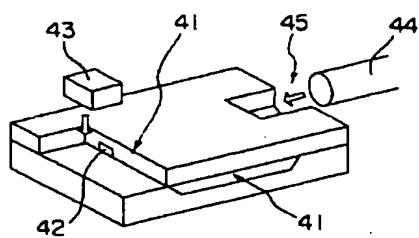
【図7】



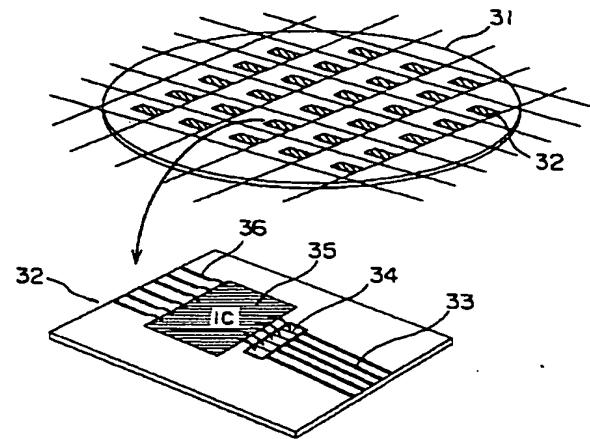
【図 8】



【図 10】



【図 9】



【図 11】

